

(54) SEAMLESS METALLIC BELT AND ITS PRODUCTION
(11) 1-142052 (A) (43) 2.6.1989 (19) JP
(21) Appl. No. 62-300480 (22) 27.11.1987
(71) SUMITOMO METAL IND LTD (72) YASUTAKA OKADA
(51) Int. Cl. C22C38/12, C21D8/00, C22C38/00, C23C8/38, F16G5/16

PURPOSE: To improve workability, material strength, fatigue strength, and wear resistance by cold-working a seamless steel pipe with a specific composition into a metallic belt and subjecting the belt to solution heat treatment and then to a combination of ion nitriding treatment and diffusion treatment once or more in vacuum.

CONSTITUTION: A seamless steel pipe having a composition consisting of, by weight, $\leq 0.01\%$ C, $\leq 0.05\%$ Si, $\leq 0.05\%$ Mn, $\leq 0.01\%$ P, $\leq 0.01\%$ S, 16~19% Ni, 8~15% Co, 3~6% Mo, $\leq 0.01\%$ Ti, $\leq 0.15\%$ Al, $\leq 0.003\%$ N, $\leq 0.0015\%$ O, and the balance essentially Fe is cold-worked into a tube stock for metallic belt. A seamless metallic belt is cut off from the above tube stock, which is subjected to solution heat treatment at 800~880°C for 0.5~2hr and, if necessary, to aging treatment at 420~520°C for 1~6hr. Subsequently, a combination of ion nitriding treatment in a vacuum containing 1~6Torr N₂ and 1~6Torr H₂ at 400~500°C for 5~20min and a diffusion treatment in a vacuum containing 1~6Torr H₂ at 400~500°C for 5~20min is repeatedly applied to the above belt once or more.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑫ 公開特許公報(A)

平1-142052

⑤ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)6月2日

C 22 C 38/12
C 21 D 8/00
C 22 C 38/00
C 23 C 8/38
F 16 G 5/16

302

D-7371-4K
Z-6813-4K
7371-4K
B-8814-3J

審査請求 未請求 発明の数 2 (全9頁)

⑭ 発明の名称 縫目無金属ベルト及びその製造方法

⑮ 特 願 昭62-300480

⑯ 出 願 昭62(1987)11月27日

⑰ 発 明 者 岡 田 康 孝 兵庫県尼崎市西長洲本通1丁目3番地 住友金属工業株式
会社総合技術研究所内

⑰ 出 願 人 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市東区北浜5丁目15番地

⑰ 代 理 人 弁理士 生形 元重 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

縫目無金属ベルト及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

- (1) 重量%でC:0.01%以下、S:0.05%以下、Mn:0.05%以下、P:0.01%以下、S:0.01%以下、Ni:16~19%、
A:0.15%以下、N:0.003%以下、O:0.0015%以下を含む残部が実質的にFeよりなる縫目無金属ベルト。
(2) 重量%でC:0.01%以下、S:0.05%以下、Mn:0.05%以下、P:0.01%以下、S:0.01%以下、Ni:16~19%、C:8~15%、Mo:3~6%、Ti:0.01%以下、A:0.15%以下、N:0.003%以下、O:0.0015%以下を含む残部が実質的にFeよりなる縫目無金属ベルトを必要トルクに
応じ重ね合わせ、その後800~880℃で0.5~2hrの固溶化処理を行った後、必要により420~520℃で

1~6hrの時効処理を行い、しかる後N:1~6Torr、H:1~6Torrを含む真空中での400~500℃×5~20分の拡散処理と、これに続くH:1~6Torrを含む真空中での400~500℃×5~20分の拡散処理との組合せを1回または複数回繰り返すことを特徴とする縫目無金属ベルトの製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は自動車の無段変速機等に使用される動力伝達用縫目無金属ベルト及びその製造方法に関する。

(従来の技術)

自動車の無段変速機等においては、動力を伝達するためのベルトに優れた材料強度が要求されるため、金属製のベルトが使用され始めている。この場合、金属製のベルトは弾性が小さいため、鋼肉の縫目無ベルトを必要なトルクに応じ重ね合わせて使用することが前提となる。したがって、このような縫目無金属ベルトには、薄く加工できるこ

と、材料強度および疲労強度が高いこと、耐摩耗性の良好なことが要求される。

このような要求に対し、材料面では加工性、材料強度および疲労強度の優れた18%Ni系マルエージ鋼が従来より使用されてきた。また製法面では、マルエージ鋼からなる円筒状の素材をスピニング加工等によってベルトとして必要な肉厚および周長まで薄肉化する加工法が採用され、ベルトに加工された後は窒化処理にて疲労強度を高めるのが通例となっている。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、自動車の無段変速機等においてはベルトに対し、トルクに対する耐力のみならず小型軽量化が強く求められ、しかも長期間にわたって破損のないことなど、極めて厳しい要求が加えられる。

従来の方法で製造された縫目無金属ベルトは、このような要求を十分に満足させているとは言えず、加工性、材料強度および疲労強度、耐摩耗性の全ての点で更に高い性能が求められているの

が現状である。

本発明は斯かる現状に鑑み、加工性、材料強度、および疲労強度、耐摩耗性の全てについて従来レベルを上回る縫目無金属ベルト及びその製造方法を提供するものである。

(問題点を解決するための手段)

本発明者らは、従来の方法で製造された縫目無金属ベルトを種々調査したところ、主にその組成と加工後の窒化処理に問題があり、この問題を解決すれば加工性、材料強度および疲労強度、耐摩耗性が更に向上することを知見した。

○ 加工性

本発明が対象とする縫目無金属ベルトにおいては、前述したように弾性確保のため薄く加工することが必要である。従来よりこの種のベルト素材として使用されているマルエージ鋼は、ある程度の加工は可能であるが、肉厚が0.2mm以下になると、介在物による加工中の割れおよび表面欠陥(ふくれ、しわ)が発生しやすくなる。ちなみに、自動車の無段変速機等に現在使用されているベル

3

トの厚みは薄い程曲げ応力が減少するため0.2mm以下が好ましいとされている。

本発明者らの調査によると、0.2mm厚以下に加工したときの割れおよび表面欠陥を防止するにはJIS G 0555に規定されるB系及びC系清浄度を0.02%以下に抑制することが有効で、そのためにP、S、N、Oを十分に低く抑える必要のあることが判明した。特にNはTiとともに硬質のTiNを形成し、割れおよび表面欠陥の発生を助長するので、NおよびTiの少なくとも一方については厳しい抑制を必要とする。

○ 材料強度および疲労強度

自動車の無段変速機等を用途とした場合、使用中の引張強度に耐えるためにはHv500以上の硬度が必要である。しかし、Hv650を超えると疲労強度が低下する。マルエージ鋼においては、Ni、Co、Mo、Tiが引張強度に寄与しているが、Tiは前述したようにTiNの形成要因となる。Tiを使用しない場合、引張強度の低下が懸念されるが、必要な引張強度が硬度でHv50

4

0~600の範囲内であれば、特にTiに依存しなくても必要な引張強度を確保できることが、本発明者らの実験から明らかとなった。Tiの添加が不要になれば、その成分コストが節減できるのみならず、Nについての厳しい制限が不要となり、成分コスト、製鋼コストの両面から大巾なコスト低下を図ることが可能となる。

また、前述した介在物は、加工中の割れおよび表面欠陥を招くばかりでなく、疲労破壊を発生させるので、N、P、S、Oはこの両面から制限を必要とし、Cについても制限を加えることが必要となる。

そして介在物のうち、特に酸化物については $O \leq 0.015\%$ とすることにより、JIS G 0555に規定されるB+C系清浄度が急激に改善し、加工中の割れおよび表面欠陥の防止とともに疲労強度の向上が図られることが判明した。

第1図は基本成分が0.005C-0.01Si-0.01Mn-0.005P-0.001S-18Ni-8.5Co-5.5Mo-0.06Al-0.002N

であるマルエージ鋼において、鋼中O量を変化させたときのB+C系清浄度(JIS G 0555)の推移を示したものである。同図から明らかなように、B+C系清浄度に対しては鋼中O量が支配的であり、鋼中O量が0.0015%以下でB+C系清浄度が改善される。

なお、疲労に対しては独立したC系介在物よりも点列状に分布したB系介在物の方が悪影響が大きいが、Oを0.0015%以下に制限することにより、B系介在物が著しく減少し、0.001%以下ではこれが完全に消滅し疲労強度を著しく向上させることも明らかとなった。

○ 耐摩耗性

耐摩耗性の付与と、表面への圧縮残留応力の付与とによって疲労強度を向上させることは既に知られた技術である。マルエージ鋼に対しても表面窒化処理でこの効果を引き出すことの可能なことが知られている。しかし、本発明が対象とする縫目無金属ベルトのように大きい曲げ歪みがかかる場合、従来の窒化処理(タフトライド処理…塩浴

窒化、イオン窒化、ガス軟窒化)はマルエージ鋼に対し、かえって疲労寿命を低下させることが判明した。これは、従来の窒化処理ではベルト表面に不可避的な化合物層(脆化層)が形成されてしまうためである。

本発明者らは、このことからベルトの疲労寿命、耐久性を向上させるには、ベルト断面の硬度分布が重要と考え、種々実験研究を行った結果、第2図に示すような硬度分布を与えることが有効なことを知見した。

すなわち、表面硬度はHv780未満では十分な耐摩耗性と圧縮残留応力が得られず、Hv860を超すと脆化層が形成され、曲げ歪みで早期破損をおこすので、Hv780~860を必要とする。ベルト厚さが0.2mm程度であれば窒化層は20~40μm(肉厚の10~20%)の厚みを必要とする。窒化層が20μm未満では窒化層が不足し、耐摩耗性と圧縮残留応力が不十分となり、40μmを超える曲げ歪みで早期破損を生じる。中心部硬度については、前述したとおりHv50

0~600とする。

そして、窒化処理でこのような断面硬度分布を得ようとした場合、従来のガス窒化ではNの拡散が十分でなく、ベルト表面のN濃度が高くなることから、脆化層の形成が避けられない。そこで本発明者らはイオン窒化に着目し、イオン窒化で第2図の硬度分布を得る方法について研究した結果、イオン窒化における処理温度を400~500℃と低くした上で、処理後にH₂ガスのみの雰囲気中でグロー放電を継続し、加熱を行うことによりNを拡散させるのが有効なことを知見した。

なお、1回のイオン窒化処理とこれに続く拡散処理との組合せで窒化層の厚さが不足する場合は、この組合せを繰り返せばよいことも明らかとなった。すなわち、厚い窒化層を必要とする場合は複数回の窒化処理、拡散処理を施せばよい。

本発明は、斯かる知見に基づきなされたもので、重量%でC:0.01%以下、Si:0.05%以下、Mn:0.05%以下、P:0.01%以下、S:0.01%以下、Ni:16~19%、Co:8~1

5%、Mo:3~6%、Ti:0.01%以下、Al:0.15%以下、N:0.003%以下、O:0.0015%以下を含み残部実質的にFeよりなる縫目無金属ベルト、及び上記成分の縫目無鋼管を金属ベルトに冷間で加工し、その後800~880℃で0.5~2hrの固溶化処理を行った後、必要により420~520℃で1~6hrの時効処理を行ない、しかる後N₂:1~6Torr、H₂:1~6Torrを含む真空中での400~500℃×5~20分のインオキシ窒化処理と、これに続くH₂:1~6Torrを含む真空中での400~500℃×5~20分の拡散処理との組合せを1回または複数回繰り返すことを特徴とする縫目無金属ベルトの製造方法を要旨とする。

(作 用)

以下、本発明を成分組成、製法の順で詳述し、その作用を明らかにする。

○ 素材の成分組成

C:0.01%を超えると炭化物を形成し、金属間化合物の析出量が減少して疲労強度を低下させる。

このようなことから、Cは0.01%以下とし、望ましくは0.005%以下である。

Si, Mn: いずれもSiO₂, MnO, MnSなどの介在物を形成し、疲労強度を低下させるので、0.05%以下に制限する。疲労強度上はSi, Mnが少ないほどよい。

P, S: 粒界脆化や介在物形成のために疲労強度を低下させる。したがって0.01%以下とする。疲労強度はこれらが少ないほど有利となるので、少ないほど望ましい。

Ni: 16%未満では材料の強度、靱性が低下し、19%超えでは100%マルテンサイトが得られず強度低下を生じる。したがってNiは16~19%とする。

Co: 8%未満では強度低下を生じ、15%超では靱性が低下するので、8~15%とする。

Mo: 3%未満ではH_v ≥ 500相当の強度が得られず、6%超では靱性低下が著しいので、3~6%とする。

Ti: 不純物で自然に混入してくる量ではTiN

TiCを形成し、疲労強度を低下させるので、0.01%以下に制限する。

Al: 脱酸に有効であるが、0.15%超ではアルミナ系酸化物が多くなり、耐久性を低下させるので、0.15%以下とする。

N: TiNを形成する元素であるが、Tiをほとんど含まないため極端に制限する必要はない。しかし0.003%を超えると、Ti以外の元素との間で窒化物を形成し、靱性を低下させるので、0.003%以下に制限する。

O: 酸化物系(B, C系)介在物を形成し、0.0015%以下と低くすることが重要であり、0.0015%を超えると疲労強度が著しく低下する。疲労強度上はOが少ないほど有利となり、0.001%以下とすることによりB系(点列状)の介在物が皆無となり疲労強度を著しく向上させる。

○ 製法

製法は基本的に造塊、加工、熱処理からなる。

① 造塊

介在物を低くするためにVOD等の真空脱ガス

処理でもよいが、なるべく真空誘導溶解を行うのがよい。溶解後、高真空アークによる再溶解を行うのも有効である。

② 加工

造塊により得られた鋼塊を熱間鍛造あるいは熱間押出により厚肉の継目無管とし、これを直接あるいは固溶化処理の後、冷間加工にて金属ベルト用素管に成形する。

冷間加工としてはスピニング加工、ベルト圧延の2つが良く知られており、通常はこれらを単独あるいは組合せて実施する。スピニング加工では素管の内径は変化せず、肉厚のみを減少させ、加工後ベルトとして必要な幅に切断する。ベルト圧延では予め素管をベルト状に切断したものをを用い、肉厚減少と直径増加とを同時に生じさせる。

冷間加工の形態、加工度等は最終製品の肉厚、直径、寸法精度等により適宜選択される。

③ 熱処理

(A) 固溶化処理

この処理は冷間加工後に施すもので、冷間加工

による加工硬化を除去し、細粒のマルテンサイト組織を得るために実施する。

800℃未満、0.5hr未満ではいずれの場合も未固溶の金属間化合物が残り、強度と靱性が低下する。逆に880℃超、2hr超ではいずれの場合も結晶粒の粗大化が生じ、強度、靱性を低下させ、ベルトの変形も大きくなる。したがって、固溶化処理は800~880℃で0.5~2hrの処理とする。

なお、この処理は、冷間加工による肉厚減少率が80%以下なら省略することができる。この処理を省略した場合、窒化処理条件が若干変化するが、その場合にあっても本発明範囲内の条件で処理が可能である。

(B) 時効処理

420℃未満、1hr未満ではいずれの場合も十分な析出強化(H_v ≥ 500)を得ることができない。逆に520℃超、10hr超ではいずれの場合も過時効となり、強度がかえって低下する。したがって時効処理は420~520℃で1~1

0 時間の処理とする。

なお、後で行う窒化処理が、この時効処理を満足する条件で実施されるならば、この時効処理を省略することができる。

(C) 窒化処理

第2図に示すような断面硬度分布は通常のガス窒化では得られず、単純なイオン窒化でも得られない。このような断面硬度分布を得るには、脆化層の形成を抑えるために比較的低温でイオン窒化処理を行った後、更に拡散処理を行うことが必要となる。1回のこの組合せ処理で必要な窒化層深さが得られないときは、複数回繰り返すが、通常は3回で十分となる。

イオン窒化処理は N_2 : 1~6 Torr、 H_2 : 1~6 Torrを含む真空中で行う。 N_2 は窒化に必要で、1 Torr未満では十分な窒化層が形成されず、6 Torr超では脆化層の形成が避けられない。 H_2 はグロー放電の安定のために必要で、1 Torr未満では安定したグロー放電が得られず、6 Torr超では特性が平衡する。な

15

ではいずれの場合も表面硬度 H_v が780未満となるか、窒化厚さが過大となって曲げ歪みで破壊を生じる。

(実施例)

次に実施例を説明する。

第1表にA~Hで示す本発明範囲内の鋼、およびI~Nで示す本発明範囲外の鋼を真空誘導溶解と高真空アーク再溶解とにより各500kg造塊した。その後、得られた各鋼塊を熱間押出にて厚肉の縦目無鋼管とし、しかる後、スピニング加工で肉厚0.18~0.5mm、内径100~250mmのベルト用薄肉素管とした。肉厚が0.18mmに達しないものは更にベルト圧延により肉厚を0.18mmまで減少させた。

そして、得られた各素管より幅10mmのベルトを切り出し、これに第2表に示す条件で固溶処理を行い、必要に応じ時効処理を行った後、窒化処理としてイオン窒化と拡散との組合せを1~3回行った。一部のベルトについては比較のためNH₃ガス+50%RXガスで通常のガス窒化処理を

お N_2 / H_2 比は基本的には1/1であるが、脆化層の形成防止には1/4が好ましい。

イオン窒化処理における処理温度および処理時間は400~500℃×5~20分とする。400℃未満、5分未満ではいずれの場合も窒化が不十分で、十分な窒化層厚さが得られない。逆に500℃超、20分超ではいずれの場合も表面硬度 H_v が860を超え、脆化層が形成される。

イオン窒化処理に続く拡散処理は H_2 : 1~6 Torrを含む真空中で行い、通常はイオン窒化処理を行った装置で N_2 の供給を止め、 H_2 のみを供給してグロー放電を継続することにより行う。 H_2 はグロー放電を安定させるためで、1 Torr未満ではグロー放電が不安定となり、6 Torr超では特性が平衡する。

拡散処理における処理温度および処理時間は400~500℃×5~20分とする。400℃未満、5分未満ではいずれの場合も拡散が不足し、最終的に表面硬度 H_v が860を超えるか窒化層厚さが不足分となる。逆に500℃超、20分超

16

行った。

処理後のベルトについて表面割れの有無、断面硬度分布、疲労強度を調査した。その結果を第2表右欄に示す。

表面割れは脆化層の有無および加工性の指標となるもので、 $D=15t$ (D : 曲げ棒直径、 t : ベルト肉厚)の丸棒にベルトを巻きつけ、180℃で曲げた際の表面割れの有無で判定し、割れが生じたものについては疲労試験を省略した。

硬度分布については表面硬度、窒化層深さ、中心部硬度を測定し、耐久性を確保する上で必要な条件は第2図に示されるように表面硬度が H_v 780~860、窒化層深さが20~40μm、中心部硬度が H_v 500~650である。

疲労強度はベルトをブリーに収め、これを回転させて一定の曲げ応力(片張、2~50kgf/mm²)下で繰り返し曲げを行い、その限界回数 N で評価し、 $N \geq 10^7$ を合格とした。

第 1 表

(wt %)

		C	Si	Mn	P	S	Ni	Co	Mo	Ti	Al	N*	O*
本 発 明 鋼	A	0.004	0.02	0.02	0.007	0.002	18.3	9.1	5.2	0.007	0.099	9	8
	B	0.006	0.02	0.01	0.005	0.002	16.2	9.3	5.9	0.006	0.046	12	11
	C	0.002	0.04	0.05	0.002	0.002	18.9	13.4	4.4	0.008	0.104	15	10
	D	0.006	0.03	0.02	0.003	0.009	17.3	8.1	5.7	0.010	0.005	7	15
	E	0.009	0.03	0.04	0.001	0.001	18.0	14.8	5.5	0.009	0.011	9	7
	F	0.005	0.01	0.03	0.006	0.003	18.7	14.4	3.2	0.006	0.093	15	9
	G	0.004	0.05	0.03	0.005	0.004	17.7	9.6	5.1	0.005	0.099	29	10
	H	0.006	0.03	0.02	0.010	0.006	17.5	8.9	5.4	0.007	0.149	9	6
比 較 鋼	I	0.007	0.04	0.01	0.004	0.002	<u>15.1</u>	8.6	4.7	0.005	<u>0.162</u>	13	11
	J	0.005	0.02	0.01	0.007	<u>0.012</u>	<u>19.9</u>	<u>7.7</u>	3.6	0.009	0.126	17	13
	K	<u>0.011</u>	0.02	0.02	0.009	0.008	18.7	<u>15.4</u>	5.7	0.006	0.076	9	8
	L	0.002	<u>0.06</u>	0.05	0.005	0.004	18.2	12.6	<u>2.9</u>	0.003	0.027	15	<u>16</u>
	M	0.004	0.02	0.02	<u>0.012</u>	0.008	18.3	14.6	<u>6.3</u>	<u>0.012</u>	0.054	10	7
	N	0.002	0.02	<u>0.07</u>	0.003	0.002	18.1	8.9	4.9	0.008	0.077	<u>34</u>	14

* ppm.

——本発明範囲外

No	試験処理 (℃×hr)	試験処理 (℃×分)	第1回			第2回			第3回			分
			イ	オ	化	イ	オ	化	イ	オ	化	
			H ₂ (Torr)	H ₂ (Torr)	温度×時間 (℃×分)	H ₂ (Torr)	H ₂ (Torr)	温度×時間 (℃×分)	H ₂ (Torr)	H ₂ (Torr)	温度×時間 (℃×分)	
1 A	820 ×1.0	475×3	3	3	420×10	3	3	420×10	3	3	420×10	本発明例
2 A	"	"	"	"	400×10	3	3	400×10	3	3	420×20	
3 A	"	"	1	4	500×5	1	4	500×5	1	4	500×5	
4 A	"	"	2	4	440×10	2	4	440×10	2	4	440×10	
5 B	875 ×0.5	500×3	3	3	430×5	1	4	430×20	3	3	430×20	
6 C	800 ×2.0	490×3	2	4	430×10	4	430×15	4	430×15	4	430×15	比較例 1
7 D	810 ×1.0	480×3	2	4	430×5	4	430×15	4	430×15	4	430×15	
8 E	850 ×1.0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
9 F	810 ×1.0	480×3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
10 G	830 ×1.0	"	3	3	420×5	6	420×5	6	420×5	6	420×5	
11 H	810 ×1.0	480×6	"	"	"	2	4	"	3	3	420×5	比較例 2
12 A	910 ×2.0	475×3	"	"	510×10	"	"	510×10	"	"	510×10	
13 A	830 ×1.0	"	"	"	330×10	"	"	400×3	"	"	420×3	
14 A	"	475×3	"	"	510×5	3	3	510×5	1	"	490×25	
15 A	810 ×1.0	"	1	1	430×10	1	1	430×10	1	1	430×10	
16 A	"	"	0.5	0.5	500×20	0.5	0.5	500×20	0.5	0.5	500×20	延長例
17 A	810 ×1.0	400×1	2	4	430×10	4	430×20	"	"	"	430×15	
18 A	"	530×8	"	"	430×5	4	430×15	4	430×15	4	430×15	
19 E	780 ×1.0	480×6	3	3	430×10	3	430×15	"	3	3	430×15	
20 I	820 ×1.0	490×3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
21 J	810 ×1.0	"	"	"	440×10	"	"	440×10	"	"	440×10	延長例
22 K	"	500×3	"	"	420×10	"	"	420×10	"	"	420×10	
23 L	800 ×1.0	500×3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
24 M	850 ×2.0	500×3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
25 N	820 ×1.0	490×3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
26 N	820 ×1.0	490×3	"	"	520×200→	"	"	"	"	"	"	延長例

**NH₃ ガス+50%RXガス

本発明範囲外

第 3 表

No.	鋼	曲げ試験 (°)	表面硬度 (H _v)	窒化層深さ (μm)	中心部硬度 (H _v)	疲労強度 (N)	区 分
1	A	○	805	22	558	6.5×10^6	本 発 明 例
2	A	○	786	20	560	4.9×10^6	
3	A	○	842	37	590	2.9×10^6	
4	A	○	809	21	566	3.7×10^6	
5	B	○	826	27	586	6.0×10^6	
6	C	○	789	20	577	3.0×10^7	
7	D	○	816	20	566	2.1×10^7	
8	E	○	850	36	588	7.6×10^7	
9	F	○	808	29	533	1.1×10^8	
10	G	○	816	28	575	2.8×10^8	
11	H	○	827	33	568	3.6×10^8	
12	A	x	973	45	588	1.2×10^3	比 較 例 1
13	A	○	712	10	476	3.9×10^3	
14	A	x	966	43	589	1.2×10^3	
15	A	x	926	35	586	2.5×10^3	
16	A	○	707	15	586	5.6×10^3	
17	A	○	774	25	472	5.4×10^3	
18	A	x	878	39	492	8.2×10^3	
19	E	x	858	38	659	1.6×10^4	比 較 例 2
20	I	x	850	30	528	5.2×10^4	
21	J	x	825	25	478	7.6×10^4	
22	K	x	896	23	689	2.5×10^5	
23	L	○	798	21	475	5.6×10^4	
24	M	x	835	27	669	2.5×10^5	
25	N	○	819	25	556	3.2×10^4	
26	N	x	952	50	612	1.6×10^4	従 来 例

* 割れ有り(x)、割れ無(○)

21

第2表および第3表において、No 1～11は成分組成が本発明範囲内の鋼A～Hをベルトに加工後、本発明範囲内の条件で熱処理した本発明例である。

いずれにおいても表面割れは生じず、脆化層は形成されていない。ベルト断面の硬度分布についても、表面硬度はH_v 780～860、窒化層深さは20～40μm、中心部硬度はH_v 500～650の各範囲内にあり、第2図に示す目標硬度分布を満足している。疲労強度はいずれも合格ラインである $N = 1 \times 10^7$ を超えている。

No 12～19は成分組成が本発明範囲内の鋼A、Eをベルトに加工後、本発明範囲外の条件で熱処理した比較例である。

No 12においては固溶化処理での処理温度が高すぎ、かつ窒化処理での処理温度が高すぎるため、表面硬度が過大で表面割れを生じ、疲労強度も十分でない。No 13においては窒化処理温度や時間が不足するため、表面硬度、窒化層深さおよび中心部硬度が不足し、疲労強度も十分でない。No 1

4においては窒化処理時間、温度が過剰なため、脆化層を生じている。No 15においてはイオン窒化でN₂が過剰なため脆化を生じ、No 16においてはイオン窒化でN₂が不足しているため窒化が進行していない。No 17においては時効処理温度が低すぎるために中心部硬度が十分でなく疲労強度も不足している。No 18においては時効処理温度、時間が過剰なため中心部硬度が低すぎ、また表面硬度が高すぎるために表面割れを生じている。No 19においては固溶化処理温度が低すぎるため、強度と靱性の低下を生じ、表面割れおよび中心部硬度不足が生じている。

No 20～25は成分組成が本発明範囲外の鋼I～Nをベルトに加工後、本発明範囲内の条件で熱処理した別の比較例である。

No 20 (鋼I使用)においてはNiが不足し、Alが過多のため、表面割れを生じ疲労強度が低下している。No 21 (鋼J使用)においてはSおよびNiが過多、Cが不足のため中心部硬度が不足し疲労強度も十分でない。No 22 (鋼K使

用)においてはCおよびC₀が過多のため、硬化が進み、表面割れを生じ疲労強度も十分でない。№23(鋼J使用)においてはSiおよびOが過多、Moが不足のため、中心部硬度が十分でなく疲労強度も不足している。№24(鋼M使用)においてはP、MoおよびTiが過多のため、中心部の硬化が進んでいる。№25(鋼N使用)においてはMnおよびNが過多のため、疲労強度が不足している。

№26は成分組成が本発明範囲外の汎用のマルエージ鋼Nをベルトに加工後、窒化処理として通常のガス窒化処理(NH₃ガス+50%RXガス使用、温度520℃、時間200分)を実施した従来例である。

本発明例(№1~11)と比べると、表面割れを生じており、硬度分布も目標から大きく外れ、疲労強度も著しく低い。したがって、加工性は低く、材料強度、疲労強度、耐摩耗性も著しく劣る。(発明の効果)

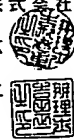
以上の説明から明らかなように、本発明は縫目

無金属ベルトに高度の加工性、材料強度、疲労強度および耐摩耗性を付与するものであり、これらの特性について厳しい性能が要求される例えば自動車の無段変速機用ベルトの製造に適用して、この種の変速機の耐久性向上、小型軽量化等に多大の効果を奏するものである。

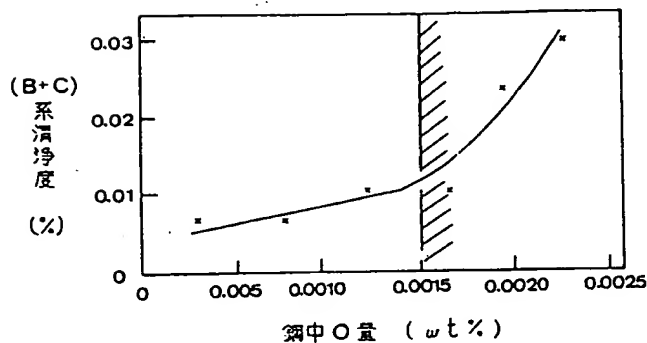
4. 図面の簡単な説明

第1図は鋼中O量とB+C系清浄度との関係を示すグラフ、第2図は耐久性確保に必要なベルト断面硬度分布を示すグラフである。

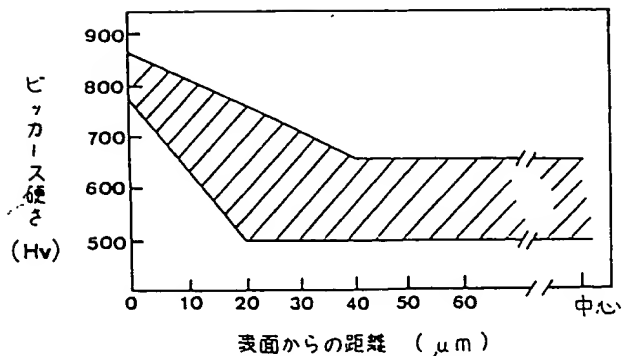
出 願 人 住友金属工業株式会社
代理人弁理士 生 形 元 重
代理人弁理士 吉 田 正 二



第 1 図



第 2 図



THIS PAGE BLANK (USPTO)